

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-160654

(P2001-160654A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 1 S 5/183

H 0 1 S 5/183

5 F 0 7 3

5/42

5/42

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-343347

(22) 出願日 平成11年12月2日 (1999.12.2)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 山田 高幸

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 高橋 睦也

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

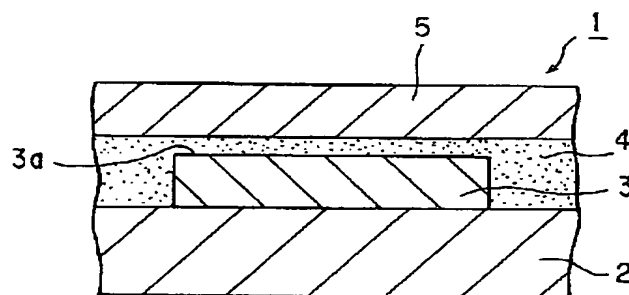
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 部品点数を少なくして光回路の構成の簡素化を図り、屈折率周期構造体の構造の自由度の高い光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 この光学素子1は、アレイ基板2と、アレイ基板2上に通常の半導体プロセスを用いて1次元あるいは2次元状に形成された複数の受発光素子3と、受発光素子3が受光あるいは発光する光の波長に対して透明性を有し、アレイ基板2の表面を平坦化する光結合層4と、平滑化された光結合層4上に形成されたフォトニック結晶5とを有する。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に形成され、受発光部を介して受光あるいは発光する光素子と、
前記光素子が受光あるいは発光する光の波長に対して透明性を有し、少なくとも前記受発光部上に平坦な結合面を形成する光結合層と、
前記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とする光学素子。

【請求項2】前記屈折率周期構造体は、所定の2次元パターンを有し、前記結合面に常温接合により積層される複数の薄膜を備えた構成の請求項1記載の光学素子。

【請求項3】前記光素子は、前記基板上に1次元状あるいは2次元状に配列され、複数の前記発光部を介して受光あるいは発光する複数の受光素子あるいは発光素子であり、
前記光結合層は、前記複数の受発光部が形成された前記基板の表面全体に形成された構成の請求項1記載の光学素子。

【請求項4】前記光結合層は、前記屈折率周期構造体と常温接合可能な材料からなる構成の請求項1記載の光学素子。

【請求項5】前記光結合層は、シリコン窒化膜からなる構成の請求項4記載の光学素子。

【請求項6】前記光結合層は、前記受発光部上に平坦な前記結合面を形成する平坦化層と、前記平坦化層および前記屈折率周期構造体と常温接合により接合される常温接合層とを備えた構成の請求項1記載の光学素子。

【請求項7】前記平坦化層は、ポリイミドからなる構成の請求項6記載の光学素子。

【請求項8】第1面とこの第1面と対向する第2面を有する基板と、
前記基板の前記第1面側に設けられ、前記第1面側で受光あるいは発光する光素子と、
前記基板の前記第1面側に平坦な結合面を形成する光結合層と、
前記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とする光学素子。

【請求項9】第1面とこの第1面と対向する第2面を有する基板と、
前記基板の前記第1面側に設けられ、前記第2面側で受光あるいは発光する光素子と、
前記基板の前記第2面側に平坦な結合面を形成する光結合層と、
前記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とする光学素子。

【請求項10】第1面とこの第1面と対向する第2面を有する基板と、

2

前記基板の前記第1面上に1次元状あるいは2次元状に配列され、前記第1面あるいは前記第2面側に複数の発光部を有し、前記複数の発光部からレーザ光を出射する複数の面発光型レーザ素子と、
前記レーザ光の波長に対して透明性を有し、前記複数の発光部が設けられた前記基板の前記第1面あるいは前記第2面側に平坦な結合面を形成する光結合層と、
前記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とするレーザアレイ。

【請求項11】基板上に受発光部を介して受光あるいは発光する光素子を形成し、
前記光素子が受光あるいは発光する光の波長に対して透明性を有する材料によって少なくとも前記受発光部上に平坦な結合面を形成し、
前記結合面上に所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体を結合することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項12】前記屈折率周期構造体を形成する工程は、前記光素子用とは別の基板上に所定の2次元パターンを有する複数の薄膜を形成し、前記複数の薄膜を常温接合により複数回転写積層する工程を含む構成の請求項11記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信、光インターコネクション、オプトエレクトロニクス、光計測、レーザプリンタ等の分野に好適な光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法に関し、特に、部品点数を少なくして光回路の構成の簡素化を図り、屈折率周期構造体の構造の自由度の高い光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】屈折率の分布が光の波長と同程度のピッチの屈折率周期構造を有する媒質は、独特の光の伝播特性を有することが知られており、近年、2次元あるいは3次元的な屈折率周期構造の媒質中での光の振る舞いが注目を集めている。そのような媒質中では、ある特定の範囲の波数ベクトルを有する光は伝播が禁じられ、半導体中の電子のエネルギーバンドと同様のフォトニックバンドが形成される。このフォトニックバンドを形成する屈折率周期構造を「フォトニック結晶」という。

【0003】このようなフォトニック結晶の従来の製造方法として、例えば、特開平10-335758号公報に示されるものがある。

【0004】図9は、そのフォトニック結晶の製造方法を示す。この製造方法では、まず、基板上に孔を六角格子状に周期的に形成し、表面凹凸構造の下地（図示せず）を用意する。次に、この下地の表面に、高周波スパッタリング法によってSi薄膜100とSiO₂薄膜1

(3)

3

01を交互に成膜するとともに、SiO₂薄膜101の一部に高周波により電離したイオンによってエッチングを行うスパッタエッチングを行うことにより屈折率が異なる2種類の薄膜100、101からなるフォトニック結晶を製造する。この構成によれば、基板表面に形成した凹凸構造を多層薄膜の上層にも保存できるので、極めて微細な3次元周期構造体を製造することができる。

【0005】フォトニックバンド構造を有する従来の垂直共振器レーザとして、例えば、特開平10-284806号公報に開示されるものがある。

【0006】図10は、その垂直共振器レーザを示す。この垂直共振器レーザは、2次元フォトニックバンド構造を有する半導体層110と、半導体層110の両側にそれぞれ形成された多層膜反射鏡120、130とを有するものであり、次のように製造される。まず、InP基板上に、活性層を含む半導体層110を形成し、反応性イオンエッチングにより半導体層110に2次元状にホール111を形成して2次元フォトニックバンド構造を形成する。一方、ガラス基板上に高周波スパッタリング法によりAl₂O₃層およびSi層からなる多層膜反射鏡130を成膜する。InP基板とガラス基板とを膜面を向かい合わせて加熱接合する。InP基板の裏面を研磨してInP基板を薄くした後、選択エッチングによりInPクラッド層を露出させ、その露出したInPクラッド層上にガラス基板上に施したのと同様に多層膜反射鏡120を成膜する。このようにして垂直共振器レーザが製造される。この構成によれば、レーザ活性媒質からの発光を3次元空間で制御することで、発振閾値を低減し、かつ、高効率なレーザ動作を行うことができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の図9に示したフォトニック結晶によると、発光ダイオード等の光素子とともに光回路を構成しなければならないため、部品点数が増加して光回路の構成を複雑化し、また、それぞれの部品を精度良く組み立てなくてはならないため、光回路のアセンブリが困難となる。

【0008】また、従来の図10に示した垂直共振器レーザによると、活性層を含む半導体光素子の内部にフォトニックバンド構造を形成しているため、屈折率周期構造体の構造の自由度が低いという問題がある。

【0009】従って、本発明の目的は、部品点数を少なくして光回路の構成の簡素化を図り、屈折率周期構造体の構造の自由度の高い光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、基板上に形成され、受発光部を介して受光あるいは発光する光素子と、前記光素子が受光あるいは発光する光の波長に対して透明性を有し、少なくとも前記受発光部上に平坦な結合面を形成する光結合層と、前

4

記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とする光学素子を提供する。上記構成によれば、受発光部は、光結合層を介して屈折率周期構造体と光学的かつ機械的に結合される。受発光部の表面側に屈折率周期構造体を配置することにより、材料の選択の自由度が高くなる。

【0011】本発明は、上記目的を達成するため、第1面とこの第1面と対向する第2面を有する基板と、前記基板の前記第1面上に1次元状あるいは2次元状に配列され、前記第1面あるいは前記第2面側に複数の発光部を有し、前記複数の発光部からレーザ光を出射する複数の面発光型レーザ素子と、前記レーザ光の波長に対して透明性を有し、前記複数の発光部が設けられた前記基板の前記第1面あるいは前記第2面側に平坦な結合面を形成する光結合層と、前記結合面に結合され、所定の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体とを備えたことを特徴とするレーザアレイを提供する。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態に係る光学素子を示す。この光学素子1は、アレイ基板2と、アレイ基板2上に通常の半導体プロセスを用いて1次元あるいは2次元状に形成された複数の受発光素子3と、アレイ基板2の表面を平坦化する光結合層4と、光結合層4上に形成されたフォトニック結晶5とを有する。

【0013】受発光素子3は、光を出射するレーザ素子、LED、EL素子等の発光素子、あるいはシリコンフォトダイオード、アバランシェ増幅型光センサ等の受光素子である。受発光素子3は、受発光部としての表面3aを介して受光あるいは発光するが、その表面3aには凹凸がある。本実施の形態では、受発光素子3として機能する部分は周囲に比べて台地状に凸形状となっている。受発光素子3の周囲に光結合層4を形成することにより、アレイ基板2の表面は平坦化される。

【0014】光結合層4は、複数の受発光素子3とフォトニック結晶5とを光学的かつ機械的に結合するものであり、受発光素子3が受光あるいは発光する光の波長に対して実質的な透明性を有する材料、例えば、シリコン窒化膜から形成される。

【0015】フォトニック結晶5は、使用する光の波長と同程度あるいはそれ以下の周期で屈折率が変化する屈折率周期構造体であり、1種類の薄膜材料と空気あるいは真空の部分、あるいは2種類以上の薄膜材料からなる所定のパターンを有する薄膜を、ラテラル方向に位置をずらしながら複数層積層してなるものであり、薄膜としては、例えば、Siを用いることができる。

【0016】図2(a)、(b)、(c)は、フォトニック結晶5の製造工程を示す。まず、同図(a)に示すように、図1に示すアレイ基板2とは別の基板6上にフォトリソグラフィ法等により所定のパターンを有する

50

(4)

5

パターン層50A、50Bを形成する。同図の場合は、パターン層50Aは、縦方向にストライプ形状を有する複数の薄膜51から構成され、パターン層50Bは、横方向のストライプ形状を有する複数の薄膜51から構成される。このようなパターン層50A、50Bを基板6上にそれぞれ複数個形成しておく。次に、これらのパターン層50A、50Bを、図2(b)に示すように、順次アレイ基板2の光結合層4に接合・転写させて複数層(数層乃至数十層)積層することにより、図2(c)に示すようなフォトニック結晶5を作製する。このフォトニック結晶5は、薄膜51の材料の屈折率、薄膜51以外の領域の屈折率(空気若しくは他の薄膜材料)、ストライプの線幅とピッチ、膜厚等を制御することにより、あるいは上記ストライプ構造以外の周期構造とすることにより、光学的機能を所望のものにすることが可能である。

【0017】このような第1の実施の形態によれば、自由に設計が可能な3次元のフォトニック結晶5と受発光素子3とを一体的に形成することにより、各種の機能を有する光学素子を実現できる。例えば、発光素子と、集光機能を有するフォトニック結晶5を組み合わせると、出射光束の方向や広がり角度を所望の範囲に揃えることが可能となる。また、受光素子と、フィルター機能を有するフォトニック結晶5を組み合わせると、特定の波長を有する信号光のみに感度を有し、外部からの雑音光を除去することが可能となるため、SN比に優れる受光素子を実現できたり、波長多重通信システム用の受光素子を実現できる。上述のようなフォトニック結晶5が有する光学的機能は、フォトニック結晶5の各パターン層を適切に設計することにより、自由に設定可能である。また、光結合層4を挿入することで、既存の受発光素子3の製造プロセスを変更すること無く、その表面にフォトニック結晶5を積層することが可能となる。なお、パターン層のパターンは、上記のストライプパターン以外でもよく、例えば、薄膜の一部に周期的な孔が多数個形成されたパターンや、逆に周期的な島状領域が多数個形成されたパターン等が適用できる。また、周期的なパターン以外に、周期構造の中に周期性を乱したパターン(結晶欠陥)を導入してもよい。このような結晶部分は、光の導波経路として機能するため、受発光部と任意の部位を光学的に接続することが可能となる。

【0018】図3は、本発明の第2の実施の形態に係る光学素子を示す。第1の実施の形態では、光結合層4が受発光素子3の周囲だけでなく表面をも覆い込んでいるが、この第2の実施の形態は、光結合層4を受発光素子3の周囲のみに形成したものである。これにより、受発光素子3の表面3aと光結合層4とが同一膜厚となるので、受発光素子3の表面3a、および光結合層4の表面にフォトニック結晶5が積層し易くなる。

【0019】

6

【実施例】図4(a)、(b)は、本発明の実施例1を示す。この実施例1は、第1の実施の形態の光学素子1を面発光型レーザアレイ10に適用したものである。以下に、この面発光型レーザアレイ10の製造方法の一例を説明する。まず、分子線エピタキシー技術を用いて、半絶縁性のガリウムヒ素(GaAs)からなるアレイ基板2上に、n+型のGaAsからなる下部クラッド層30と、それぞれの膜厚が媒質内波長の $1/4$ であるAlAsとGaAsとを交互に積層した総膜厚数 μm のn側多層反射膜31と、In_{0.2}Ga_{0.8}Asで構成された量子井戸3層をGaAs10nmで挟んだ構造を有し、膜厚が媒質内波長のアンドープ活性領域32と、それぞれの膜厚が媒質内波長の $1/4$ であるAlAsとGaAsとを交互に積層した総膜厚数 μm のp側多層反射膜33とを順次成長させる。なお、ドーパントには、SiおよびBeをそれぞれn側多層反射膜31およびp側多層反射膜33に用いている。

【0020】次に、n側配線の分離のためにリアクティブイオンエッチング技術を用いて、配線分離用溝34を作成し、縦方向に32本の行を設ける。配線分離用溝34の深さは下部クラッド層30を貫通して半絶縁性のGaAsのアレイ基板2に達しているが、これは各コラムの電気的分離を行うためである。配線分離用溝34は、ポリイミド35を用いて埋められ、次にフォトリソ工程と金属蒸着技術により、横方向に32本の列、すなわちp側多層反射膜33の上面に32本の受発光部としてのp側金属配線36を設ける。各列はプロトンを活性領域32までインプランテーション(図示せず)することにより電気的に分離されている。各行の手前段は、下部クラッド層30が表面に出る様にエッチングされ、その上面に電極パッド37が設けられている。また、各列の右端にもp側金属(Au)配線36上面に電極パッド38が設けられている。i列j行面の発光点(i, j)を発光させる場合には、i列の電極パッド38とj行の電極パッド37とを通して発光点(i, j)のレーザに必要な電流を注入し、他の配線をオープンにすればよい。なお、本面発光型レーザアレイ10は、基板表面側(図4において上側)から光が出射するように上記多層反射膜31、33を構成してある。

【0021】このような面発光型レーザアレイ10は、配線分離用溝34をポリイミド35で埋めてはあるものの、その後のp側金属配線36の形成により表面には凹凸があるため、この状態のままでは次工程でフォトニック結晶5を積層できない。そこでこの凹凸を完全に平坦化するため、スパッタリング法またはCVD(Chemical Vapor Deposition)法により絶縁性薄膜を光結合層4として着膜する。着膜条件を適当に選択することにより下地に凹凸があっても薄膜の表面を平坦にすることができる。また、必ずしも表面が十分に平坦にならなくても、CMP(化学的機械的研磨法)による表面研磨法や、エ

50

(5)

7

ッチバック法により、完全な平面に仕上げてよい。着膜する薄膜としては、発光波長に対して透明であり、レーザアレイの個別素子の電氣的絶縁性が満足でき、しかも後で述べる常温接合可能な材料であれば、何でもよい。本実施例では、プラズマCVD法によるシリコン窒化膜を用いた。この膜を用いれば、ガスの流量や圧力、放電電力を適当に制御することにより、表面を平坦にすることが比較的容易である。

【0022】図5(a)～(g)は、面発光型レーザアレイ10の製造工程を示す。まず、同図(a)に示すように、Siウエハからなる基板6を準備し、この表面にポリイミドをスピコート法にて5 μ m塗布し、これを硬化させて、表面にフッ化処理を施して離型層7を形成する(工程a)。次に、この離型層7の上にスパッタリング法によりSi薄膜51を0.1乃至0.5 μ m着膜する。膜厚は、水晶振動子でモニターすることにより正確に設定できる。

【0023】次に、同図(b)に示すように、通常のフォトリソグラフィを用いてSi薄膜51をパターンニングして図5(b)に示すようにフォトニック結晶5の各パターン層50A、50Bを一括して形成する(工程b)。このパターン層50A、50Bは、図2(a)で示した縦方向及び横方向のストライプパターンのアレイである。ストライプのピッチは利用波長の半分程度であり、ストライプの線幅はピッチの2割から8割程度である。Si薄膜51のエッチングは、湿式エッチングよりもドライエッチング、望ましくは反応性イオンエッチング(RIE: Reactive Ion Etching)の方が、パターンの角が丸まらず基板6の表面に対して端面が垂直となるので好ましい。

【0024】次に、図5(c)に示すように、パターン層50A、50Bを形成した基板6を真空チャンバーに導入し、アレイ基板2と対向させ(光結合層4側が図中下向き)、高真空、望ましくは超高真空に排気する。そしてパターン層50A、50Bとアレイ基板2上の光結合層4の両方の面にFAB(Fast Atom Beam)8を照射して表面を清浄化する(工程c)。FAB8はアルゴンガスを源とし、加速電圧0.5乃至1.5kV、電流値5乃至15mAで5分間照射した。FAB8により表面の酸化膜や汚染層が除去されるが、その膜厚は高々5nm程度なので膜厚精度に対する影響は軽微である。また、この除去量を予め考慮し、上記工程aで着膜するSi薄膜51の膜厚に上乗せしておくことも可能である。

【0025】引き続き、図5(d)に示すように、基板2、6同士を圧接すると、パターン層50Aとアレイ基板2上のシリコン窒化膜からなる光結合層4が常温接合により強固に接合される(工程d)。ここで、「常温接合」とは、真空中で原子レベルで清浄な面同士を圧接することで、実現される接合方法である。加熱を必要としないため、熱膨張率の異なる材料でも歪なく強固に接合

8

できるという特徴を有する。

【0026】更に、図5(e)に示すように、アレイ基板2を上方へ引き離すと、基板6上のパターン層50Aはアレイ基板2側に転写される(工程e)。これは離型層7とパターン層50Aの密着力が光結合層4であるシリコン窒化膜とパターン層50Aとの接合力よりも小さいためである。この工程によりフォトニック結晶5の第1層がアレイ基板2上に形成されたことになる。転写された第1層のパターン層50Aの表面は、それまで離型層7と接触していた面であり、この表面粗さはポリイミドの表面粗さと同程度($Ra < 1\text{nm}$)で非常に良好である。従って、このフォトニック結晶5は、散乱による損失が少ないという特徴を有することになる。

【0027】次に、第1層のパターン層50Aが転写されたアレイ基板2を移動し、今度は第2層のパターン層50Bの直上に来るようにする。そして上記c、d、eの各工程を繰り返すと、図5(f)に示すように、各個アレイ基板2上の第1層のパターン層50Aと基板6上の第2層のパターン層50Bが常温接合・転写し、第2層のパターン層50Bは第1層のパターン層50A上に積層される。この状態でパターン層50B側から立体的に見ると、前記図2の(b)のようになっている。

【0028】同様に引き続き上記c、d、eの各工程の後6回繰り返すことにより、8層のSiのパターン層50A、50Bを積層したフォトニック結晶5が作製できる。

【0029】なお、本実施例では、スパッタリングによりSi薄膜を形成したが、シランガスやジシランガスを原料とする減圧CVD法やプラズマCVD法によりSi薄膜を形成してもよい。これらの場合、基板温度を高くする必要があるが、離型層としてはポリイミドの替わりに、より耐熱性の高い SiO_2 (二酸化珪素)膜やSiOF(酸化フッ化珪素)膜を用いてもよい。また、薄膜材料はSi以外でも、所望の波長に対して適当な屈折率を有する誘電体材料、半導体材料であればよい。また、本実施例では、発光素子として既に個別発光部間の溝をポリイミド膜で埋めてある面発光型レーザ素子の2次元アレイを用いたため、発光素子表面の凹凸は比較的少なかったが、発光部間を埋めていない1次元アレイ素子や個別発光素子の場合、凹凸が大きいため、素子の断面形状は図1により近い形状となる。

【0030】図6は、本発明の実施例2の面発光型レーザアレイを示す。この実施例2の面発光型レーザアレイ10は、実施例1における光結合層4を平坦化の機能を有する下層の光結合層40と、常温接合可能な機能を有する上層の光結合層41の2層構造に分けて構成したものである。

【0031】以下に、実施例2の製造方法の一例を説明する。まず、実施例1と同様に、基板2上に面発光型レーザ素子13をアレイ状に形成する。金属配線パターン

50

(6)

9

が形成された後、ポリイミドからなる下層の光結合層40をスピンコーティング法により基板2全面に塗布して表面の凹凸形状を平坦にする。ポリイミドの前駆体は適度な粘度を有する液体なので、基板2の表面に凹凸があっても、塗布後のポリイミドの表面は完全に平坦化される。ポリイミドを塗布後、それを250℃乃至350℃でキュアし、下層の光結合層40を完成させる。下地の段差の程度により、必要により複数回のポリイミドの塗布を繰り返して、完全な平坦面を得ることもできる。一般に凹凸面の平坦化の効率は、実施例1に示した薄膜の着膜よりも、ポリイミドのスピンコーティング法の方が優れている。

【0032】次に、下層の光結合層40の表面にシリコンからなる上層の光結合層41をスパッタリング法により100nm着膜する。この上層の光結合層41は、後の工程で積層するフォトニック結晶5と常温接合可能とするためのものである。着膜する薄膜としては、シリコン以外でも常温接合可能であればなんでもよく、薄い金属、例えば、金やプラチナ、望ましくは誘電体、例えばシリコン窒化膜、シリコン酸化膜等が選択可能である。膜厚は所望の値以上の光の透過率が得られるように十分薄いことが必要であるが、金属の場合は数10nm程度以下にすることが望ましい。一方、常温接合を実現するためには、10nm程度の膜厚以上あれば十分なので、これらの条件を満足する構成は多種多様である。

【0033】図7は、本発明の実施例3の面発光型レーザアレイを示す。この実施例3の面発光型レーザアレイ10は、実施例2の変形であり、面発光型レーザ素子13として裏面発光型のものを用いたものである。

【0034】以下に、この実施例3の製造方法の一例について説明する。まず、実施例1と同様に基板2上に面発光型レーザ素子13をアレイ状に形成する。なお、この素子13は、多層反射膜の構成を変更して基板2の裏側からビーム光が出射する構造を有する。このような構成の場合、基板2中でのレーザ光の吸収を避けるため、出射位置に対応する基板2をエッチングして受発光部としての出射孔2aを形成することが多い。このような構造のレーザ光の出射面となる出射孔2aにフォトニック結晶5を積層することは困難である。そこで実施例2と同様に、平坦化層としてまずポリイミドからなる下層の光結合層40をスピンコーティング法により塗布する。実施例2との違いは、基板2の裏面側に塗布して出射孔2aを十分に埋めることである。出射孔2aは、100μm以上の深さがあることが多いため、塗布は複数回繰り返す。ポリイミドをキュアし、その後の工程は、実施例2と同様であり、平坦な光結合層40の表面に常温接合が可能な層としてSiからなる上層の光結合層41を着膜する。その後、上層の光結合層41上にフォトニック結晶5を積層する。

【0035】図8は、本発明の実施例4の面発光型レー

10

ザアレイを示す。この実施例4の面発光型レーザアレイ10は、実施例2の変形であり、図3に示す構造を実現するものである。面発光レーザ素子13及び光結合層4としてのポリイミド塗布までの工程は実施例2と同様である。ポリイミドのキュア後にドライエッチング法によりポリイミドの表面を少しエッチバックして、図3に示したように、レーザの最表面と同一高さになるようする。ドライエッチングとしては、酸素ガスとCF₄ガスを用いて、平行平板型のドライエッチング装置により容易に実現できる。

【0036】この実施例4によれば、光結合層としての上層が不要となる。すなわち、面発光型レーザ素子の最上層は、例えば、金やアルミニウムの配線層であるが、この材料とフォトニック結晶5を構成する薄膜材料が常温接合可能であれば、光結合層の上層は不要となる。例えば、本実施例のように、フォトニック結晶5をシリコンで形成し、面発光型レーザ素子の配線層がアルミニウムを主成分とする材料であれば、これらは互いに常温接合可能であるため、光結合層の上層を着膜すること無くフォトニック結晶5の積層が可能となる。

【0037】なお、上記実施の形態および上記実施例では、複数の受発光素子を有する光学素子について説明したが、単一の受発光素子を有するものでもよい。また、同一基板上に発光素子と受光素子を一体形成し、その表面に同様な方法により光結合層4とフォトニック結晶5を形成してもよい。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光学素子、レーザアレイ、および光学素子の製造方法によれば、受発光部は、光結合層を介して屈折率周期構造体と光学のかつ機械的に結合されるので、光回路を構成する部品点数を低減して光回路の構成の簡素化を図ることができ、また、光回路を簡単に構成することができる。また、受発光部の表面側に屈折率周期構造体を結合して配置しているので、屈折率周期構造体の構造の自由度が高くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る光学素子を示す断面図

【図2】フォトニック結晶の製造工程を示す図であり、(a)は平面図、(b)、(c)は斜視図

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る光学素子を示す断面図

【図4】本発明の実施例1の面発光レーザアレイを示す図であり、(a)は斜視図、(b)は断面図

【図5】(a)～(g)は、本発明の実施例1の製造工程を示す断面図

【図6】本発明の実施例2の面発光レーザアレイを示す断面図

【図7】本発明の実施例3の面発光レーザアレイを示す

(7)

11

12

断面図

【図8】本発明の実施例4の面発光レーザアレイを示す

断面図

【図9】従来のフォトニック結晶の製造方法を示す斜視図

【図10】従来の垂直共振器レーザを示す斜視図

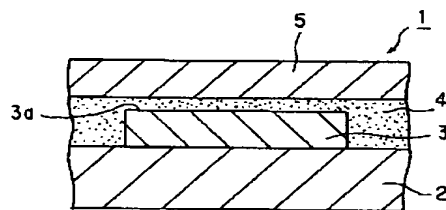
【符号の説明】

- 1 光学素子
2 アレイ基板
2 a 出射孔
3 受発光素子
3 a 表面
4 光結合層
5 フォトニック結晶
6 基板
7 離型層
8 FAB (Fast Atom Beam)
10 面発光型レーザアレイ
13 面発光型レーザ素子
30 下部クラッド層

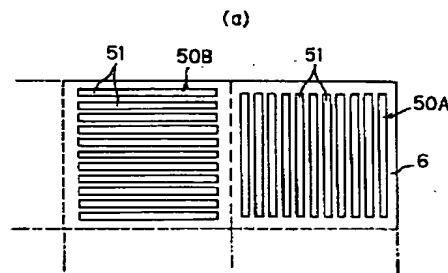
- 31 側多層反射膜
32 アンダーブ活性領域
32 活性領域
33 側多層反射膜
34 配線分離用溝
35 ポリイミド
36 側金属配線
36 配線
37 電極パッド
38 電極パッド
40 光結合層
41 光結合層
50 A, 50 B パターン層
51 薄膜
100 Si 薄膜
101 SiO₂ 薄膜
110 半導体層
111 ホール
120, 130 多層膜反射鏡

20

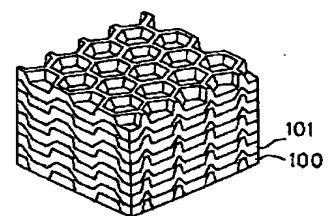
【図1】



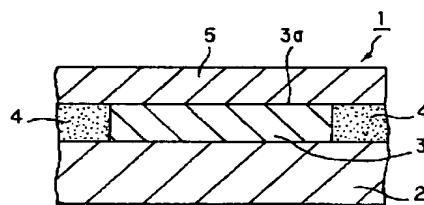
【図2】



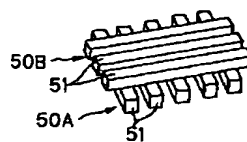
【図9】



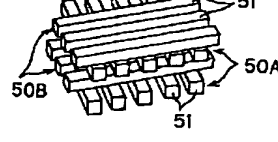
【図3】



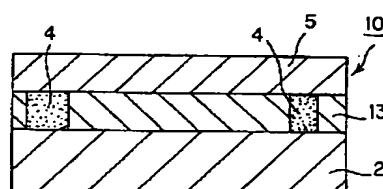
(b)



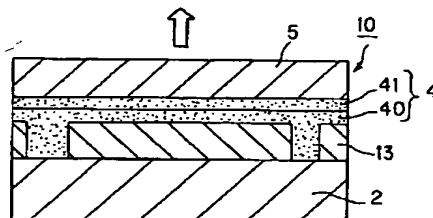
(c)



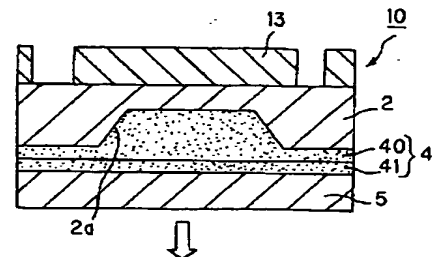
【図8】



【図6】

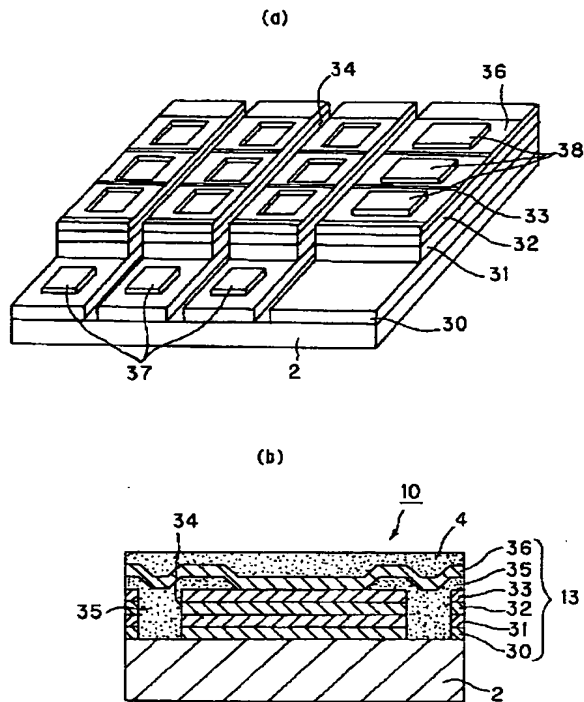


【図7】

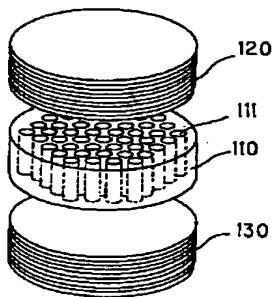


(8)

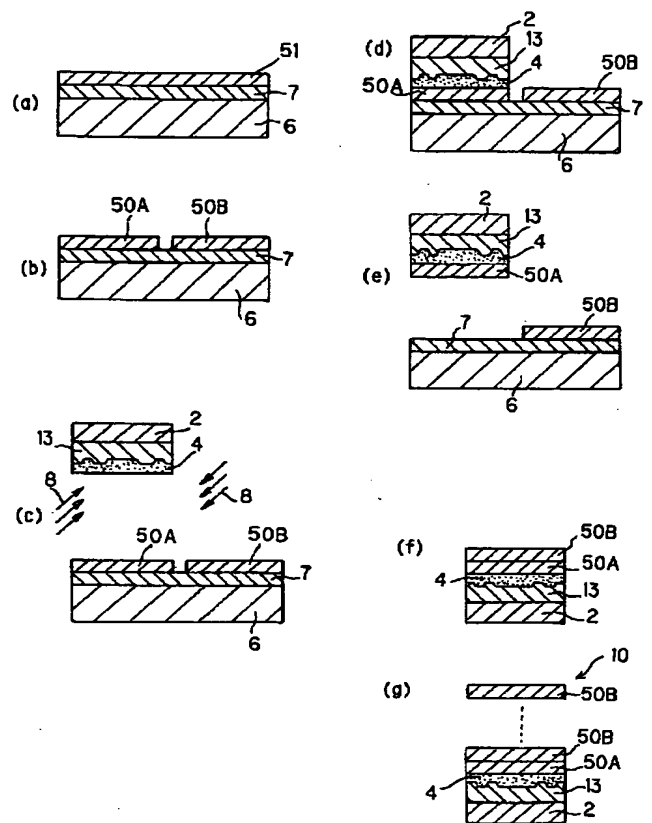
【図4】



【図10】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 廣田 匡紀
神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 山田 秀則
神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内
Fターム(参考) 5F073 AA74 AB17 BA01 BA04 CA07
CB02 DA06

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-160654

(43)Date of publication of application : 12.06.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183
H01S 5/42

(21)Application number : 11-343347

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

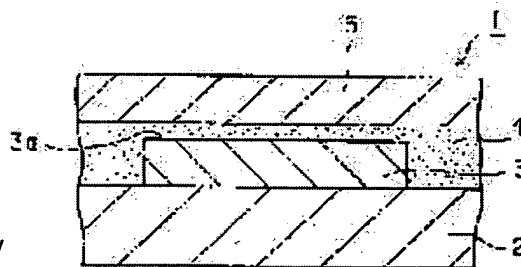
(22)Date of filing : 02.12.1999

(72)Inventor : YAMADA TAKAYUKI
TAKAHASHI MUTSUYA
HIROTA MASANORI
YAMADA HIDENORI(54) OPTICAL ELEMENT, LASER ARRAY AND METHOD FOR MANUFACTURING
OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element wherein the number of components is reduced, constitution of an optical circuit is simplified, and the degree of freedom of structure of a refractive index periodical structure body is high, a laser array, and a method for manufacturing of the optical element.

SOLUTION: This optical element 1 is provided with an array substrate 2, a plurality of light receiving and emitting elements 3 which are formed one- dimensionally or two-dimensionally on the array substrate 2 by using an ordinary semiconductor process, an optical coupling layer 4 which has transparency to the light which is received or emitted by the element 3 and flattens the surface of the array substrate 2, and photonic crystal 5 formed on the flattened optical coupling layer 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An optical element characterized by having the refractive-index period structure from which it is formed on a substrate, a light corpuscle child who receives light or emits light through a carrier light-emitting part, and said light corpuscle child have transparency to wavelength of light which receives light or emits light, it is combined with an optical coupling layer which forms a flat plane of union on said carrier light-emitting part at least by said plane of union, and a refractive index changes with a predetermined period.

[Claim 2] Said refractive-index period structure is the optical element of a configuration of having had two or more thin films in which have a predetermined two-dimensional pattern and a laminating is carried out to said plane of union by ordinary temperature cementation according to claim 1.

[Claim 3] Said optical coupling layer is the optical element of a configuration of being two or more photo detectors or light emitting devices which receive light or emit light through said two or more light-emitting parts by arranging said light corpuscle child the shape of-dimensional [1] and in the shape of two-dimensional on said substrate, and having been formed in the whole surface of said substrate in which said two or more carrier light-emitting parts were formed according to claim 1.

[Claim 4] Said optical coupling layer is the optical element of a configuration of consisting of a material in which said refractive-index period structure and ordinary temperature cementation are possible according to claim 1.

[Claim 5] Said optical coupling layer is the optical element of a configuration of consisting of a silicon nitride according to claim 4.

[Claim 6] Said optical coupling layer is the optical element of a configuration of having had a flattening layer which forms said flat plane of union on said carrier light-emitting part, and an ordinary temperature junctional zone joined to said flattening layer and said refractive-index period structure by ordinary temperature cementation according to claim 1.

[Claim 7] Said flattening layer is the optical element of a configuration of consisting of polyimide according to claim 6.

[Claim 8] An optical element characterized by having the refractive-index period structure from which it is prepared in said 1st page side of a substrate which has the 1st page, this 1st page, and the 2nd page that counters, and said substrate, and is combined with a light corpuscle child who receives light or emits light by said 1st page side, and an optical coupling layer which forms a flat plane of union in said 1st page side of said substrate by said plane of union, and a refractive index changes with a predetermined period.

[Claim 9] An optical element characterized by having the refractive-index period structure from which it is prepared in said 1st page side of a substrate which has the 1st page, this 1st page, and the 2nd page that counters, and said substrate, and is combined with a light corpuscle child who receives light or emits light by said 2nd page side, and an optical coupling layer which forms a flat plane of union in said 2nd page side of said substrate by said plane of union, and a refractive index changes with a predetermined period.

[Claim 10] A laser array characterized by providing the following. A substrate which has the 1st page, this 1st page, and the 2nd page that counters Two or more field luminescence mold laser elements which are arranged the shape of-dimensional [1], and in the shape of two-dimensional on said 1st page of said substrate, have two or more light-emitting parts, and carry out outgoing radiation of the laser beam to said 1st page or said 2nd page side from said two or more light-emitting parts An optical coupling layer which forms a flat plane of union in said 1st page or said 2nd page side of said substrate with which it has transparency to wavelength of said laser beam, and said two or more light-emitting parts were formed The refractive-index period structure from which it is combined with said plane of union, and a refractive index changes with a predetermined period

[Claim 11] A manufacture method of an optical element characterized by combining the refractive-index period structure from which a light corpuscle child who receives light or emits light through a carrier light-emitting part is formed on a substrate, a flat plane of union is formed on said carrier light-emitting part at least with a material with which said light corpuscle child has transparency to wavelength of light which receives light or emits light, and a refractive index changes with a predetermined period on said plane of union.

[Claim 12] A production process which forms said refractive-index period structure is the manufacture method of an optical element a configuration of including a production process which forms two or more thin films which have a predetermined two-dimensional pattern on a substrate different from said object for light corpuscle children, and carries out the multiple-times imprint laminating of said two or more thin films by ordinary temperature cementation according to claim 11.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] About the suitable optical element for fields, such as optical communication, an optical interconnection, optoelectronics, optical measurement, and a laser beam printer, a laser array, and the manufacture method of an optical element, especially, this invention lessens components mark, attains simplification of the configuration of an optical circuit, and relates to an optical element with the high flexibility of the structure of the refractive-index period structure, a laser array, and the manufacture method of an optical element.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is known that the medium by which distribution of a refractive index has the refractive-index period structure of a pitch comparable as the wavelength of light has the propagation property of a peculiar light, and behavior of the light in the inside of the medium of two-dimensional or three dimension refractive-index period structure attracts attention in recent years. In such a medium, propagation is forbidden and, as for the light which has the wave number vector of a certain specific range, the energy band of the electron in a semiconductor and the same photograph nick band are formed. The refractive-index period structure which forms this photograph nick band is called "photograph nick crystal."

[0003] There are some which are shown in JP,10-335758,A as the conventional manufacture method of such a photograph nick crystal.

[0004] Drawing 9 shows the manufacture method of the photograph nick crystal. By this manufacture method, first, a hole is periodically formed in the shape of a hexagon-head grid on a substrate, and the substrate (not shown) of surface irregularity structure is prepared. Next, while forming the Si thin film 100 and SiO₂ thin film 101 by turns by the RF-sputtering method on the surface of this substrate, the photograph nick crystal which consists of a thin film 100,101 which is two kinds from which a index differs is manufactured by performing sputter etching which etches into some SiO₂ thin films 101 with the ion ionized by the RF. Since the concavo-convex structure formed in the substrate surface can be saved also in the upper layer of a multilayered film according to this configuration, the very detailed three-dimension period structure can be manufactured.

[0005] There are some which are indicated by JP,10-284806,A as conventional perpendicular resonator laser which has photograph nick band structure.

[0006] Drawing 10 shows the perpendicular resonator laser. This perpendicular resonator laser has the semiconductor layer 110 which has two-dimensional photograph nick band structure, and the multilayers reflecting mirror 120,130 formed in the both sides of the semiconductor layer 110, respectively, and then is manufactured like. First, on an InP substrate, the semiconductor layer 110 containing a barrier layer is formed, a hole 111 is formed in the semiconductor layer 110 in the shape of two-dimensional by reactive ion etching, and two-dimensional photograph nick band structure is formed. On the other hand, the multilayers reflecting mirror 130 which consists of 2O₃ layers of aluminum and Si layers by the RF-sputtering method on a glass substrate is formed. A film surface is

opposed and heating cementation of an InP substrate and the glass substrate is carried out. After grinding the rear face of an InP substrate and making an InP substrate thin, an InP cladding layer is exposed by selective etching, and the multilayers reflecting mirror 120 is formed the same with having given on the glass substrate on the exposed InP cladding layer. Thus, perpendicular resonator laser is manufactured. According to this configuration, by controlling luminescence from a laser active medium by three-dimension space, an oscillation threshold can be reduced and efficient laser actuation can be performed.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order according to the photograph nick crystal shown in conventional drawing 9 for components mark to have to increase and to have to complicate the configuration of an optical circuit, since an optical circuit must be constituted with light corpuscle children, such as light emitting diode, and to have to assemble each component with a sufficient precision, the assembly of an optical circuit becomes difficult.

[0008] Moreover, since photograph nick band structure is formed in the interior of the semiconductor light corpuscle child containing a barrier layer according to the perpendicular resonator laser shown in conventional drawing 10, there is a problem that the flexibility of the structure of the refractive-index period structure is low.

[0009] Therefore, the purpose of this invention lessens components mark, attains simplification of the configuration of an optical circuit, and is to offer an optical element with the high flexibility of the structure of the refractive-index period structure, a laser array, and the manufacture method of an optical element.

[0010]

[Means for Solving the Problem] With a light corpuscle child who is formed on a substrate, and receives light or emits light through a carrier light-emitting part in order that this invention may attain the above-mentioned purpose Said light corpuscle child has transparency to wavelength of light which receives light or emits light, it is combined with an optical coupling layer which forms a flat plane of union on said carrier light-emitting part at least by said plane of union, and an optical element characterized by having the refractive-index period structure from which a refractive index changes with a predetermined period is offered. According to the above-mentioned configuration, a carrier light-emitting part is combined with the refractive-index period structure optically and mechanically through an optical coupling layer. By arranging the refractive-index period structure to a surface side of a carrier light-emitting part, whenever [option / of a material] becomes high.

[0011] A substrate which has the 1st page, this 1st page, and the 2nd page that counters in order that this invention may attain the above-mentioned purpose, Two or more field luminescence mold laser elements which are arranged the shape of-dimensional [1], and in the shape of two-dimensional on said 1st page of said substrate, have two or more light-emitting parts, and carry out outgoing radiation of the laser beam to said 1st page or said 2nd page side from said two or more light-emitting parts, An optical coupling layer which forms a flat plane of union in said 1st page or said 2nd page side of said substrate with which it has transparency to wavelength of said laser beam, and said two or more light-emitting parts were formed, It is combined with said plane of union, and a laser array characterized by having the refractive-index period structure from which a refractive index changes with a predetermined period is offered.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows the optical element concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention. This optical element 1 has the array substrate 2, two or more carrier light emitting devices 3 formed-dimensional [1] or in the shape of two-dimensional using the usual semiconductor process on the array substrate 2, the optical coupling layer 4 which carries out flattening of the surface of the array substrate 2, and the photograph nick crystal 5 formed on the optical coupling layer 4.

[0013] The carrier light emitting devices 3 are photo detectors, such as light emitting devices, such as a laser element which carries out outgoing radiation of the light, LED, and an EL element, or a silicon

photodiode, and an avalanche amplification mold photosensor. Although the carrier light emitting device 3 receives light or emits light through surface 3a as a carrier light-emitting part, there is irregularity in surface 3a. With the gestalt of this operation, the portion which functions as a carrier light emitting device 3 serves as a convex configuration at the shape of a plateau compared with the perimeter. By forming the optical coupling layer 4 in the perimeter of the carrier light emitting device 3, flattening of the surface of the array substrate 2 is carried out.

[0014] The optical coupling layer 4 combines optically and mechanically two or more carrier light emitting devices 3 and photograph nick crystals 5, and is formed from the material which has substantial transparency to the wavelength of the light in which the carrier light emitting device 3 receives light or emits light, for example, a silicon nitride.

[0015] It is the refractive-index period structure from which a refractive index changes with the period not more than it, and shifting a location for the thin film which has the thin film material whose number is one, air, a vacuum portion, or the predetermined pattern that consists of two or more kinds of thin materials in the direction of a lateral, it becomes impossible to carry out two or more layer laminating, and the photograph nick crystal 5 can use [comparable as the wavelength of the light to be used, or] Si as a thin film, for example.

[0016] Drawing 2 (a), (b), and (c) show the manufacturing process of the photograph nick crystal 5. First, as shown in this drawing (a), the patterned layers 50A and 50B which have a predetermined pattern by the photolithography method etc. are formed on substrate 6 with the another array substrate 2 shown in drawing 1. In the case of this drawing, patterned layer 50A consists of two or more thin films 51 which have a stripe configuration in a lengthwise direction, and patterned layer 50B consists of two or more thin films 51 which have a lateral stripe configuration. Two or more such patterned layers 50A and 50B are formed on the substrate 6, respectively. Next, the photograph nick crystal 5 as shown in drawing 2 (c) is produced by making the optical coupling layer 4 of the array substrate 2 join and imprint these patterned layers 50A and 50B, and carrying out two or more layer (several layer thru/or dozens of layers) laminating to it one by one, as shown in drawing 2 (b). This photograph nick crystal 5 can make an optical function into a desired thing controlling the refractive index of the material of a thin film 51, the refractive index (air or other thin film materials) of fields other than thin film 51, the line breadth of a stripe and a pitch, thickness, etc., or by considering as periodic structures other than the above-mentioned stripe geometry.

[0017] According to the gestalt of the 1st operation, the optical element which has various kinds of functions is realizable such by forming in one the photograph nick crystal 5 and the carrier light emitting device 3 of a three dimension which can be designed freely. For example, if the photograph nick crystal 5 which has a condensing function is combined with a light emitting device, it will become possible to keep step with the direction of an outgoing beam, or the range of a request of whenever [angle-of-divergence]. Moreover, if the photograph nick crystal 5 which has a filter function is combined with a photo detector, it has sensitivity only in the signal light which has specific wavelength, and since it becomes possible to remove the noise light from the outside, the photo detector which is excellent in an SN ratio can be realized, or the photo detector for wave-length-multiple-telecommunication systems can be realized. The optical function which the above photograph nick crystals 5 have can be freely set up by designing appropriately each patterned layer of the photograph nick crystal 5. Moreover, it becomes possible by inserting the optical coupling layer 4 to carry out the laminating of the photograph nick crystal 5 to the surface, without changing the manufacture process of the existing carrier light emitting device 3. In addition, the pattern of a patterned layer can apply the pattern with which except the above-mentioned stripe pattern is sufficient with a pattern, for example, many periodic holes were formed in some thin films, the pattern with which many periodic island-like fields were formed in reverse. Moreover, the pattern (crystal defect) which disturbed periodicity may be introduced into periodic structure in addition to a periodic pattern. Since such a crystal portion functions as a guided wave path of light, it becomes possible [connecting the part of arbitration with a carrier light-emitting part optically].

[0018] Drawing 3 shows the optical element concerning the gestalt of operation of the 2nd of this

invention. With the gestalt of the 1st operation, although the optical coupling layer 4 covers not only the perimeter of the carrier light emitting device 3 but the surface, the gestalt of this 2nd operation forms the optical coupling layer 4 only in the perimeter of the carrier light emitting device 3. Thereby, since surface 3a of the carrier light emitting device 3 and the optical coupling layer 4 serve as the same thickness, it becomes easy to carry out the laminating of the photograph nick crystal 5 to the surface of surface 3a of the carrier light emitting device 3, and the optical coupling layer 4.

[0019]

[Example] Drawing 4 (a) and (b) show the example 1 of this invention. This example 1 applies the optical element 1 of the gestalt of the 1st operation to the field luminescence mold laser array 10. Below, an example of the manufacture method of this field luminescence mold laser array 10 is explained. First, the lower cladding layer 30 which consists of GaAs of n+ mold using molecular beam epitaxy technology on the array substrate 2 which consists of a gallium arsenide (GaAs) of half-insulation, The n side [the total several micrometers thickness which carried out the laminating of AlAs each thickness of whose is 1/4 of the wavelength in a medium, and the GaAs by turns] multilayer reflective film 31, It has the structure which sandwiched three layers of quantum wells which consisted of $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}(\text{es})$ by GaAs10nm. Thickness The undoping active region 32 of the wavelength in a medium, Each thickness carries out sequential growth of the p side [the total several micrometers thickness which carried out the laminating of AlAs which is 1/4 of the wavelength in a medium, and the GaAs by turns] multilayer reflective film 33. In addition, Si and Be are used for the n side multilayer reflective film 31 and the p side multilayer reflective film 33 at the dopant, respectively.

[0020] Next, reactive-ion-etching technology is used for separation of the n side wiring, the slot 34 for wiring separation is created, and 32 lines are prepared in a lengthwise direction. Although the depth of the slot 34 for wiring separation penetrated the lower cladding layer 30 and has reached the array substrate 2 of GaAs of half-insulation, this is for performing electrical isolation of each column. The slot 34 for wiring separation is filled using polyimide 35, and then forms the p side metal wiring 36 as 32 carrier light-emitting parts in a longitudinal direction with a FOTORISO production process and metal vacuum evaporation technology on the upper surface of 32 trains 33, i.e., the p side multilayer reflective film. Each train is electrically separated by carrying out implantation (not shown) of the proton to an active region 32. The hand front end of each line is etched so that the lower cladding layer 30 may come out to the surface, and the electrode pad 37 is formed in the upper surface. Moreover, the electrode pad 38 is formed also in the right end of each train on the p side metal (Au) wiring 36 upper surface. What is necessary is to pour in current required for the laser of the point (i, j) emitting light through the electrode pad 38 of i train, and the electrode pad 37 of j lines, and just to carry out other wiring to open, in making the point (i, j) of i train side of j lines emitting light emit light. In addition, the **** luminescence mold laser array 10 constitutes the above-mentioned multilayer reflective films 31 and 33 so that light may carry out outgoing radiation from a substrate surface side (it sets to drawing 4 and is the bottom).

[0021] Since irregularity is shown in the surface by formation of the p side metal wiring 36 of the after that of a certain thing if the slot 34 for wiring separation is filled with polyimide 35, such a field luminescence mold laser array 10 cannot carry out the laminating of the photograph nick crystal 5 at degree production process, while it has been in this condition. in order [then,] to carry out flattening of this irregularity completely -- the sputtering method or CVD (Chemical Vapor Deposition) -- film deposition is carried out, using an insulating thin film as the optical coupling layer 4 by law. Even if irregularity is in a substrate by choosing film deposition conditions suitably, the surface of a thin film can be made flat. Moreover, even if the surface does not necessarily become flat enough, a perfect plane may be made by the surface grinding method by CMP (the chemical mechanical grinding method), and the etchback method. If it is the material which is transparent, can satisfy the electric insulation of the individual element of a laser array, and is moreover described to luminescence wavelength later and in which ordinary temperature cementation is possible as a thin film which carries out film deposition, it is good anything. In this example, the silicon nitride by the plasma-CVD method was used. If this film is used, it is comparatively easy by controlling the flow rate and pressure of gas, and discharge power

suitably to make the surface flat.

[0022] Drawing 5 (a) - (g) shows the manufacturing process of the field luminescence mold laser array 10. First, as shown in this drawing (a), the substrate 6 which consists of an Si wafer is prepared, 5 micrometers of polyimide are applied to this surface with a spin coating method, this is stiffened, fluoride processing is performed to the surface and the mold release layer 7 is formed in it (production process a). next, this mold release layer 7 top -- the sputtering method -- the Si thin film 51 -- 0.1 -- or 0.5-micrometer film deposition is carried out. Thickness can be set as accuracy by acting as a monitor with a quartz resonator.

[0023] Next, as are shown in this drawing (b), and patterning of the Si thin film 51 is carried out using the usual photolithography and it is shown in drawing 5 (b), each patterned layers 50A and 50B of the photograph nick crystal 5 are formed collectively (production process b). These patterned layers 50A and 50B are the arrays of the stripe pattern of the lengthwise direction shown by drawing 2 (a), and a longitudinal direction. The pitch of a stripe is the one half degree of use wavelength, and the line breadth of a stripe is about 80 percent from twenty percent of a pitch. etching of the Si thin film 51 -- wet etching -- dry etching -- since the angle of a pattern is not round and the direction of reactive ion etching (RIE:Reactive Ion Etching) becomes perpendicular [an end face] to the surface of a substrate 6 desirably, it is desirable.

[0024] next, as shown in drawing 5 (c), the substrate 6 in which patterned layers 50A and 50B were formed is introduced into a vacuum chamber, and it counters with the array substrate 2 -- making (the optical coupling layer 4 side being the drawing Nakashita sense) -- a high vacuum -- it exhausts to an ultra-high vacuum desirably. And FAB(Fast Atom Beam) 8 is irradiated in the field of both patterned layers 50A and 50B and the optical coupling layer 4 on the array substrate 2, and the surface is defecated (production process c). FAB8 made argon gas the source and was irradiated for 5 minutes by acceleration voltage 0.5 thru/or 1.5kV, the current value 5, or 15mA. Although a surface oxide film and a surface contamination layer are removed by FAB8, since the thickness is at most about 5nm, the effect to thickness precision is slight. Moreover, it is also possible to add to the thickness of the Si thin film 51 which carries out film deposition at the above-mentioned production process a beforehand in consideration of this amount of removal.

[0025] Then, if the pressure welding of a substrate 2 and the six comrades is carried out as shown in drawing 5 (d), the optical coupling layer 4 which consists of a silicon nitride on patterned layer 50A and the array substrate 2 will be firmly joined by ordinary temperature cementation (production process d). Here, "ordinary temperature cementation" is carrying out the pressure welding of the pure fields on atomic level in a vacuum, and is the cementation method realized. Since heating is not needed, it has the feature that the material with which coefficient of thermal expansion differs is also firmly [without distortion] joinable.

[0026] Furthermore, if the array substrate 2 is pulled apart upwards as shown in drawing 5 (e), patterned layer 50A on a substrate 6 will be imprinted at the array substrate 2 side (production process e). This is because it is smaller than the cementation force of the mold release layer 7, the silicon nitride whose adhesion force of patterned layer 50A is the optical coupling layer 4, and patterned layer 50A. It means that the 1st layer of the photograph nick crystal 5 was formed on the array substrate 2 of this production process. the field where the imprinted surface of patterned layer 50A of the 1st layer touched the mold release layer 7 till then -- it is -- this surface roughness -- the surface roughness of polyimide -- being comparable ($R_a < 1\text{nm}$) -- it is very good. Therefore, it will have the feature that this photograph nick crystal 5 has little loss by dispersion.

[0027] Next, the array substrate 2 with which patterned layer of 1st layer 50A was imprinted is moved, and it is made to come to right above [of the 2nd layer / of patterned layer 50B] shortly. And if each production process of Above c, d, and e is repeated, as shown in drawing 5 (f), it will ordinary-temperature-join, patterned layer of 1st layer 50A on the each array substrate 2 and patterned layer of 2nd layer 50B on a substrate 6 will imprint, and the laminating of the patterned layer of 2nd layer 50B will be carried out on [of the 1st layer] patterned layer 50A. If it sees in three dimensions from the patterned layer 50B side in this condition, it has become as shown in (b) of said drawing 2 .

[0028] The photograph nick crystal 5 which carried out the laminating of the patterned layers 50A and 50B of Si of eight layers is producible by continuing similarly and repeating each production process of Above c, d, and e 6 times the back.

[0029] In addition, in this example, although Si thin film was formed by sputtering, Si thin film may be formed by the reduced pressure CVD method and plasma-CVD method which use silane gas and disilane gas as a raw material. Although it is necessary to make substrate temperature high in these cases, as a mold release layer, SiO₂ (silicon dioxide) heat-resistant high film and a heat-resistant SiOF (oxidation silicon fluoride) film may be used more instead of polyimide. Moreover, a thin film material should just be the dielectric materials and the semiconductor material which have a suitable refractive index to desired wavelength also except Si. Moreover, although there was comparatively little irregularity on the surface of a light emitting device at this example since the two dimensional array of a field luminescence mold laser element which has already filled the slot between individual light-emitting parts with the polyimide film as a light emitting device was used, since irregularity is large in the case of the one dimensional array element and individual light emitting device which are not filling between light-emitting parts, the cross-section configuration of an element turns into a near configuration by drawing 1.

[0030] Drawing 6 shows the field luminescence mold laser array of the example 2 of this invention. The field luminescence mold laser array 10 of this example 2 is divided into the two-layer structure of the lower layer optical coupling layer 40 which has the function of flattening for the optical coupling layer 4 in an example 1, and the optical coupling layer 41 of the upper layer which has the function in which ordinary temperature cementation is possible, and is constituted.

[0031] Below, an example of the manufacture method of an example 2 is explained. First, the field luminescence mold laser element 13 is formed in the shape of an array on a substrate 2 like an example 1. After a metal circuit pattern is formed, the lower layer optical coupling layer 40 which consists of polyimide is applied all over substrate 2 with a spin coating method, and the shape of surface toothing is made flat. Since the precursor of polyimide is a liquid which has moderate viscosity, even if irregularity is shown in the surface of a substrate 2, flattening of the surface of the polyimide after spreading is carried out completely. The cure of it is carried out at 250 degrees C thru/or 350 degrees C after applying polyimide, and the lower layer optical coupling layer 40 is completed. With the degree of the level difference of a substrate, spreading of the polyimide of multiple times can be repeated as occasion demands, and a perfect flat side can also be acquired. Generally the effectiveness of flattening of a concavo-convex field excels the film deposition of the thin film shown in the example 1 in the spin coating method of polyimide.

[0032] Next, 100nm film deposition of the upper optical coupling layer 41 which becomes the surface of the lower layer optical coupling layer 40 from silicon is carried out by the sputtering method. Besides, the optical coupling layer 41 of a layer is for enabling the photograph nick crystal 5 which carries out a laminating at a next production process, and ordinary temperature cementation. if ordinary temperature cementation is possible as a thin film which carries out film deposition also except silicon -- a metal good anything and thin, for example, gold, and platinum -- a dielectric, for example, a silicon nitride, silicon oxide, etc. are desirably selectable. Although thickness needs a thin enough thing so that the permeability of the light beyond a desired value may be obtained, in the case of a metal, it is desirable to make it about several 10nm or less. Since it is enough on the other hand if it is more than about 10nm thickness in order to realize ordinary temperature cementation, the configuration with which are satisfied of these conditions is various.

[0033] Drawing 7 shows the field luminescence mold laser array of the example 3 of this invention. The field luminescence mold laser array 10 of this example 3 is deformation of an example 2, and the thing of a rear-face luminescence mold is used for it as a field luminescence mold laser element 13.

[0034] Below, an example of the manufacture method of this example 3 is explained. First, the field luminescence mold laser element 13 is formed in the shape of an array on a substrate 2 like an example 1. In addition, this element 13 has the structure in which changes the configuration of a multilayer reflective film and beam light carries out outgoing radiation from the background of a substrate 2. In

order to avoid absorption of the laser beam in the inside of a substrate 2 in such a configuration, the substrate 2 corresponding to an outgoing radiation location is etched, and outgoing radiation hole 2a as a carrier light-emitting part is formed in many cases. It is difficult to carry out the laminating of the photograph nick crystal 5 to outgoing radiation hole 2a used as the outgoing radiation side of the laser beam of such structure. Then, the lower layer optical coupling layer 40 which consists of polyimide first as a flattening layer is applied with a spin coating method like an example 2. The difference from an example 2 is applying to the rear-face side of a substrate 2, and fully burying outgoing radiation hole 2a. Since outgoing radiation hole 2a has many depths of 100 micrometers or more, spreading is repeated two or more times. Carrying out the cure of the polyimide, the subsequent production process is the same as an example 2, and carries out film deposition of the upper optical coupling layer 41 which becomes the surface of the flat optical coupling layer 40 from Si as a layer in which ordinary temperature cementation is possible. Then, the laminating of the photograph nick crystal 5 is carried out on the upper optical coupling layer 41.

[0035] Drawing 8 shows the field luminescence mold laser array of the example 4 of this invention. The field luminescence mold laser array 10 of this example 4 is deformation of an example 2, and realizes structure shown in drawing 3. The production process to polyimide spreading as the surface emission-type laser element 13 and an optical coupling layer 4 is the same as an example 2. Etchback of a little surface of polyimide is carried out by the dry etching method after the cure of polyimide, and as shown in drawing 3, it carries out as [become / the same height as the maximum surface of laser]. It is easily realizable with the dry etching system of an parallel plate mold, using oxygen gas and CF₄ gas as dry etching.

[0036] According to this example 4, the upper layer as an optical coupling layer becomes unnecessary. That is, although it is a wiring layer of gold or aluminum, if ordinary temperature cementation of this material and the thin film material which constitutes the photograph nick crystal 5 is possible for the maximum upper layer of a field luminescence mold laser element, it will become unnecessary [the upper layer of an optical coupling layer]. For example, like this example, the photograph nick crystal 5 is formed with silicon, and if it is the material with which the wiring layer of a field luminescence mold laser element uses aluminum as a principal component, since ordinary temperature cementation is possible, the laminating of the photograph nick crystal 5 of these will become possible mutually, without carrying out film deposition of the upper layer of an optical coupling layer.

[0037] In addition, although the gestalt and the above-mentioned example of the above-mentioned implementation explained the optical element which has two or more carrier light emitting devices, it may have a single carrier light emitting device. Moreover, a light emitting device and a photo detector may really be formed on the same substrate, and the optical coupling layer 4 and the photograph nick crystal 5 may be formed by the same method as the surface.

[0038]

[Effect of the Invention] it explained above -- as -- the optical element of this invention, a laser array, and the manufacture method of an optical element -- getting twisted -- since it is combined with the refractive-index period structure optically and mechanically through an optical coupling layer, a carrier light-emitting part can reduce the components mark which constitute an optical circuit, and can attain simplification of the configuration of an optical circuit, and can constitute an optical circuit easily. Moreover, since the refractive-index period structure is combined and arranged to the surface side of a carrier light-emitting part, the flexibility of the structure of the refractive-index period structure becomes high.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The cross section showing the optical element concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention

[Drawing 2] It is drawing showing the manufacturing process of a photograph nick crystal, and, for (a), a plan, (b), and (c) are a perspective diagram.

[Drawing 3] The cross section showing the optical element concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention

[Drawing 4] It is drawing showing the field luminescence laser array of the example 1 of this invention, and for (a), it is a perspective diagram and (b) is a cross section.

[Drawing 5] (a) - (g) is the cross section showing the manufacturing process of the example 1 of this invention.

[Drawing 6] The cross section showing the field luminescence laser array of the example 2 of this invention

[Drawing 7] The cross section showing the field luminescence laser array of the example 3 of this invention

[Drawing 8] The cross section showing the field luminescence laser array of the example 4 of this invention

[Drawing 9] The perspective diagram showing the manufacture method of the conventional photograph nick crystal

[Drawing 10] The perspective diagram showing the conventional perpendicular resonator laser

[Description of Notations]

1 Optical Element

2 Array Substrate

2a Ko Idei

3 Carrier Light Emitting Device

3a Surface

4 Optical Coupling Layer

5 Photograph Nick Crystal

6 Substrate

7 Mold Release Layer

8 FAB(Fast Atom Beam)

10 Field Luminescence Mold Laser Array

13 Field Luminescence Mold Laser Element

30 Lower Cladding Layer

31 Side Multilayer Reflective Film

32 Undoping Active Region

32 Active Region

33 Side Multilayer Reflective Film

34 Slot for Wiring Separation
35 Polyimide
36 Side Metal Wiring
36 Wiring
37 Electrode Pad
38 Electrode Pad
40 Optical Coupling Layer
41 Optical Coupling Layer
50A, 50B Patterned layer
51 Thin Film
100 Si Thin Film
101 SiO₂ Thin Film
110 Semiconductor Layer
111 Hole
120,130 Multilayers reflecting mirror

[Translation done.]

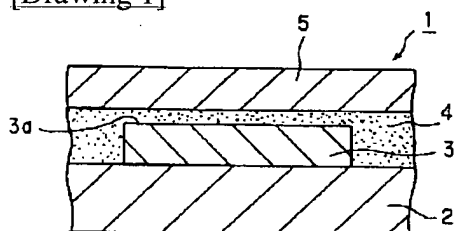
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

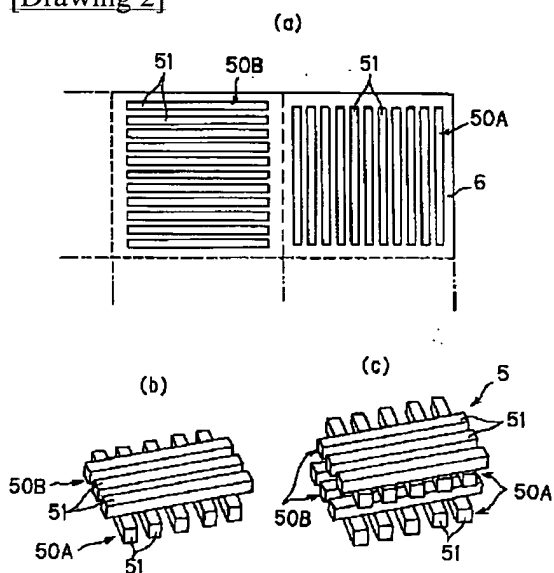
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

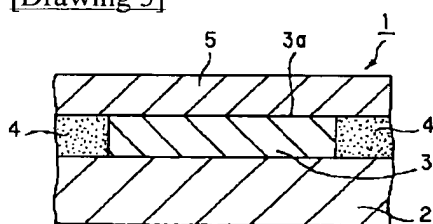
[Drawing 1]



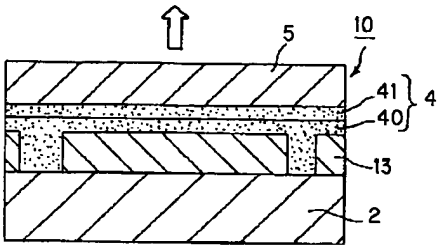
[Drawing 2]



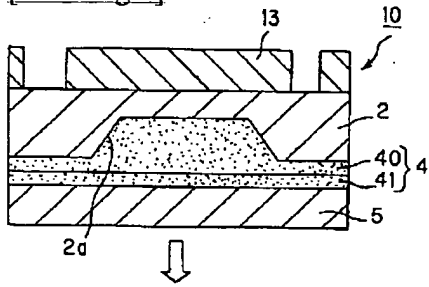
[Drawing 3]



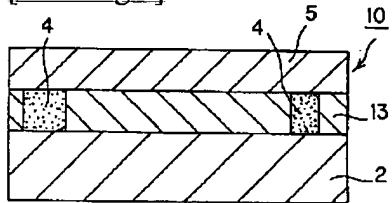
[Drawing 6]



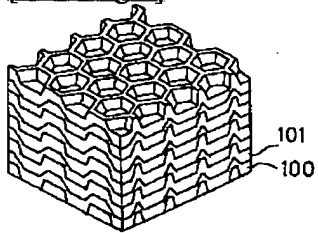
[Drawing 7]



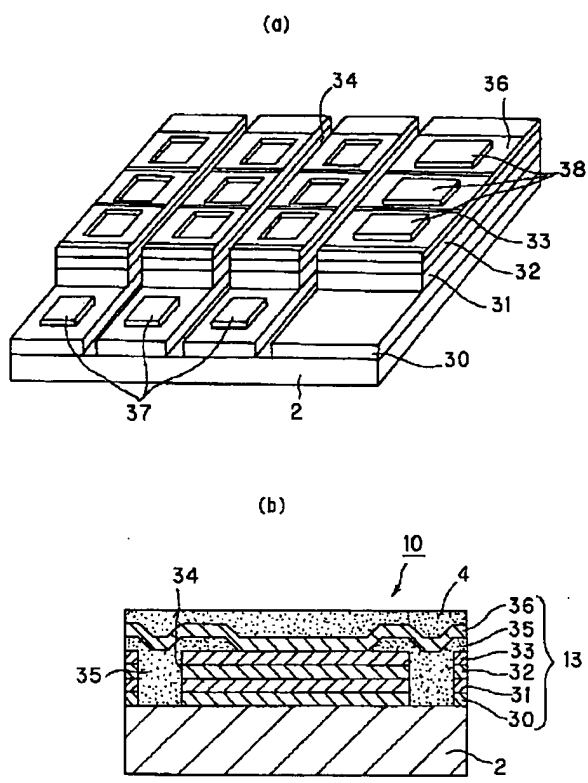
[Drawing 8]



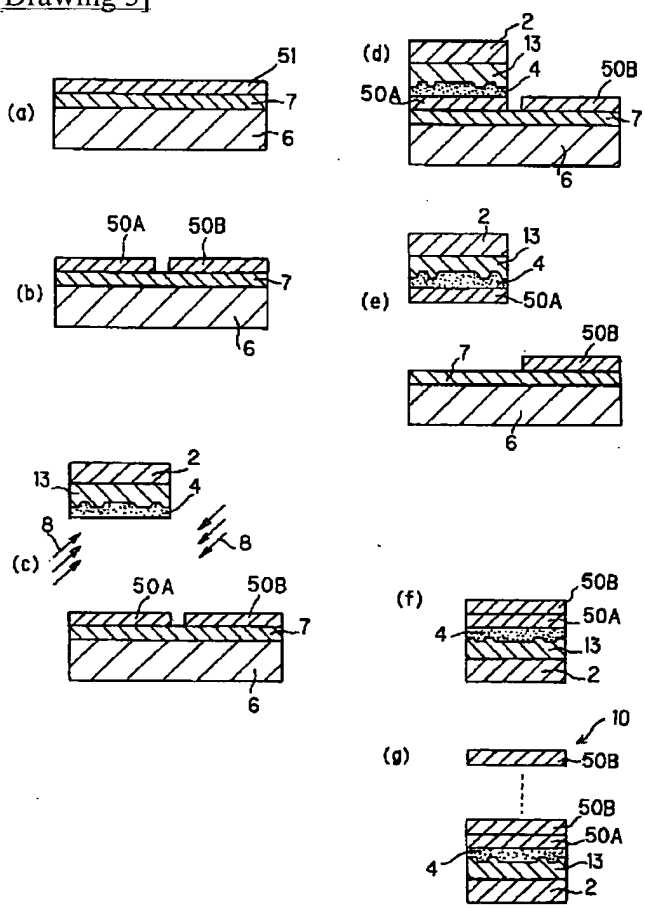
[Drawing 9]



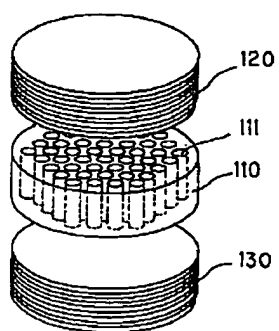
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 10]



[Translation done.]